PART7 水素原子モデル 2

目標　水素原子モデルの実際の姿を学びましょう。

Chapter1　水素原子モデル2

ボーアの量子条件

量子条件

（m：電子の質量 [kg]　　v：電子の速さ [m/s]
r：電子の軌道半径 [m]　　h：プランク定数 [J・s]
n：量子数（自然数））

※この式は $2\pi r = \dfrac{h}{mv} \cdot n$ と変形すると意味がとれる。$\dfrac{h}{mv}$ は**電子波の波長**なので，ボーアの量子条件は「**定常状態にある原子は，電子波が，その軌道に沿って定常波を作る状態のみ許される**」という意味。

ボーアの水素原子モデル

上の量子条件と円運動の方程式，エネルギーの式を用いて，以下の結果を得る。

①水素原子の半径

（r_n：半径 [m]　　h：プランク定数 [J・s]　　m：質量 [kg]
k：クーロンの法則の比例定数 [N・m^2/C^2]　　e：電気素量 [C]
n：量子数（自然数））

②水素原子のエネルギー準位

（E_n：エネルギー準位　　$|E_1|$：基底状態のエネルギーの大きさ
n：量子数（自然数））

重要
量子論では，物理量が離散的（とびとびの値）になります。

参考
$E_1 = -\dfrac{2\pi^2 mk^2e^4}{h^2}$

重要
最もエネルギーが低い状態（$n = 1$）を「**基底状態**」，それ以外の，エネルギーが高い状態（$n \geqq 2$）を「**励起状態**」という。

電子ボルト

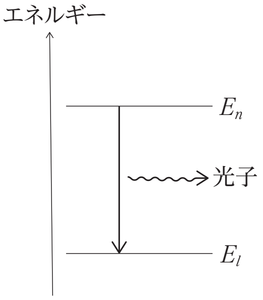
原子の問題では，普通，エネルギーの単位として [eV] を用いる。1[eV] は，電子 1 個を 1[V] で加速した場合に電子の得るエネルギーのこと。よって，

$$1[\mathrm{eV}]=1.6\times10^{-19}[\mathrm{C}]\times1[\mathrm{V}]=1.6\times10^{-19}[\mathrm{J}]$$

であるが，次の形で覚えておくとよい。

水素原子から発生する光

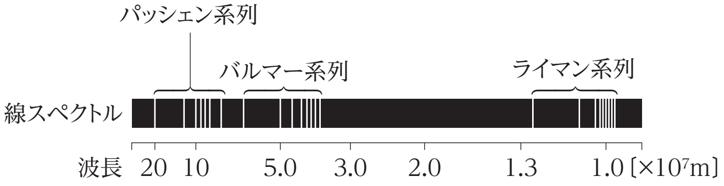
ボーアの振動数条件



（E_n，E_l：エネルギー準位　　h：プランク定数

ν：発生した光子の振動数）

※原子内の電子が高いエネルギー準位から低いエネルギー準位に移るとき，**そのエネルギー差 $E_n - E_l$ に相当するエネルギーを持った光子**が 1 つ発生する。



まとめ

半径もエネルギーも離散的になる。

原子内の電子が別のエネルギー準位に移るときに光子が出る。

Chapter2　演習問題

水素原子の基底状態のエネルギーを－ 13.6 eV とする。

問１　$n = 2$ の励起状態のエネルギー準位を求めよ。

問２　$n = 3$ の励起状態のエネルギー準位を求めよ。

問３　水素原子内の電子が $n = 3$ の励起状態から $n = 2$ の励起状態に移るときに放出する光子のエネルギーは何 eV か。

< Note >

第15講　PART7　確認問題

問 1　次の各問いに答えよ。

(1)　ボーアが提唱した水素原子における量子条件として最も適当なものを，①～④のうちから一つ選べ。ただし，電子の質量を m，速さを v，軌道半径を r，量子数を n，プランク定数を h とする。

①　$\pi r = \dfrac{nh}{mv}$　　②　$\pi r = \dfrac{mv}{nh}$

③　$2\pi r = \dfrac{nh}{mv}$　　④　$2\pi r = \dfrac{mv}{nh}$

(2)　電子が，あるエネルギー準位 E_n から別のエネルギー準位 E_m $(E_m < E_n)$ に移るとき，振動数 ν の光が放出される。この関係を表す式が，ボーアが提唱した水素原子における振動数条件である。この振動数条件を表す式として最も適当なものを，①～④のうちから一つ選べ。ただし，プランク定数を h とする。

①　$E_n - E_m = \dfrac{h}{\nu}$　　②　$E_n - E_m = h\nu$

③　$E_m - E_n = \dfrac{h}{\nu}$　　④　$E_m - E_n = h\nu$

問 2　水素原子における量子数 n の電子がもつエネルギー準位 E_n を，$E_n = -\dfrac{13.6}{n^2}$ [eV] とする。

(1) 基底状態における電子がもつエネルギー準位はいくらか。最も適当なものを，①～④のうちから一つ選べ。

① − 13.6 eV　　② − 3.4 eV
③ 3.4 eV　　④ 13.6 eV

(2) 電子が量子数 $n = 3$ の励起状態から基底状態に移るときに放出される光子のエネルギーの大きさはいくらか。最も適当なものを，①～④のうちから一つ選べ。

① 1.51 eV　　② 10.2 eV
③ 12.1 eV　　④ 13.6 eV

第 15 講　原子の世界

PART1　電子の発見

ア

PART2　光子

問1　3.3×10^{-26} J

問2　1.1×10^{-34} kg・m/s

PART3　光電効果

問1　飛び出さない

問2　飛び出す　9.2×10^{-20} J

PART4　コンプトン効果

運動量保存則：$\dfrac{h}{\lambda} = -\dfrac{h}{\lambda'} + mv$

エネルギー保存則：$\dfrac{hc}{\lambda} = \dfrac{hc}{\lambda'} + \dfrac{1}{2}mv^2$

PART5　物質波

7.3×10^{-11} m

PART6　水素原子モデル1

ア：小さい

イ：正

ウ：負

エ：電子

オ：半径

カ：光

PART7　水素原子モデル2

問1　-3.40[eV]

問2　-1.51[eV]

問3　1.89 eV

PART8　Ｘ線とブラッグ反射

ア：運動

イ：連続

ウ：特性（固有）

エ：特性（固有）

第 15 講　PART7　確認問題　解答

問 1

⑴　③

解説：

電子の円軌道の長さが波長の整数倍になるときに安定（定常状態）となるから，$2\pi r = n\lambda$

$\lambda = \dfrac{h}{p} = \dfrac{h}{mv}$ を代入して，

$$2\pi r = \frac{nh}{mv}$$

⑵　②

解説：

エネルギー準位の差が光子 1 個のもつエネルギーとなるので，$E_n - E_m = h\nu$

問 2

⑴　①

解説：

基底状態とは，$n = 1$ のときであるから，

$$E_1 = -\frac{13.6}{1^2} = -13.6[\mathrm{eV}]$$

⑵　③

解説：

$$E_3 - E_1 = \left(-\frac{13.6}{3^2}\right) - \left(-\frac{13.6}{1^2}\right) = 13.6\cdot\left(1 - \frac{1}{9}\right)$$
$$= 13.6\cdot\frac{8}{9} = 12.08\cdots \fallingdotseq 12.1[\mathrm{eV}]$$